新疆塔里木盆地北缘碱性岩及有关的成矿作用*

邹天人 徐 珏 杨岳清 张建华 周玉林 吴澄宇
余时美 万德芳 林月英 夏凤荣 曹亚文 陈伟十

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京)

提 要: 塔里木盆地北缘碱性岩受深断裂带控制, 呈近 EW 向展布。形成于多个时期, 岩石类型齐全, 碱性岩浆来自富集地幔。受地质构造环境制约, 形成了板内型、板边型和活动陆缘型碱性岩。板内型碱性岩与国内外典型碱性岩一致, 为只有极少陆壳物质混合的幔源岩。而板边型和活动陆缘型碱性岩则属于壳幔混合的碱性岩。与碱性岩有关的矿产丰富。

关键词: 碱性岩 深断裂带 成矿作用 塔里木盆地 新疆

1 碱性岩的空间分布

研究确定西起阿图什、东到尉犁以东约 1100 km 的碱性岩带由 3 条深断裂带控制, 形成了板内型 (受塔里木地块内侧深断裂带控制)、板边型 (受塔里木地块边缘深断裂带控制) 和活动陆缘型 (受陆缘增生带内的拉张深断裂带控制) 等 3 种构造类型的碱性岩。

2 碱性岩的形成时代

碱性岩形成于早元古晚期 (同位素年龄为 1670×10^6 a)、晚元古 (同位素年龄为 $900 \times 10^6 \sim 931 \times 10^6$ a)、加里东晚期 (上志留统内发现厚约 200 m, 沿走向延伸大于 5 km 的碳酸熔岩)、华力西中期 (同位素年龄为 $310 \times 10^6 \sim 313 \times 10^6$ a)、华力西晚期 (同位素年龄为 $275 \times 10^6 \sim 279 \times 10^6$ a) 和喜山期 (侵入新第三系中段第一层 (N_2^1C)、被新第三系中段第二层 (N_2^2) 地层沉积覆盖) 等 6 个时期。

3 碱性岩的岩石学

碱性岩带由碱性岩、碱中性岩、碱基性岩和碱超基性岩的各种岩石组成。即包含有碱性花岗岩、碱性石英正长岩、碱性正长岩、碱性钠长岩、霞石正长岩、碱性辉长岩、碱性橄榄辉长岩、霓霞岩、碳酸岩及碳酸熔岩等。同时还有与碱性正长岩有关的黑云母-霞石类伟晶岩及与碳酸岩联系的金云母-透辉石类伟晶岩。

4 碱性岩的地球化学

(1) 微量元素地球化学: 板内型碱性岩富含 Ti、Sr、Ba、P 及 REE。其中碳酸岩更富含 REE、P 及 Nb, 碱性正长岩富含 Nb 及 Zr。板边型碱性岩和活动陆缘型碱性岩则含 Ti、Mn、Ba、Li、Rb、Nb、Zr、Th 较高, 含 Sr、P、REE 较低。

(2) 稀土元素地球化学: 板内型碱性岩的 REE 含量及分布型式与国内外产于稳定地块内 (即板内) 碱性岩一致, 而活动陆缘型碱性岩的 REE 含量则低得多, 分布型式也不同。

* 国家自然科学基金和地质行业科学技术发展基金联合资助 (批准号: 49070166) 和国家 305 项目 (85-902-06-10) 专题及 (96-915-04-05) 专题研究部分成果

邹天人, 男, 1937 年生, 研究员, 长期从事花岗岩、伟晶岩和碱性岩及有关的稀有金属、稀土、宝石学研究工作。邮政编码: 100037

(3) 稳定同位素地球化学: ① 氧同位素组成: 板内型碱性岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 值集中在 $5.6\text{‰} \sim 6.3\text{‰}$ 之间, 与国内外典型碱性岩一致, 板边型碱性岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $7\text{‰} \sim 11\text{‰}$ 。而活动陆缘型碱性岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 值较高, 为 $10\text{‰} \sim 21\text{‰}$, 显示有较多陆壳物质混合。② 锶同位素组成: 板内型碱性岩的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值为 $0.7033 \sim 0.706$, 而活动陆缘型碱性岩的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值为 $0.708 \sim 0.714$, 显然有较多陆壳物质混合。③ 铅同位素组成: 活动陆缘型碱性岩钾长石铅同位素样点落到造山带与地幔铅演化线之间, 表明属于典型的壳幔混合碱性岩。④ 碳同位素组成: 碱性伟晶岩石墨的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 为 $-5.1\text{‰} \sim -6.0\text{‰}$, 与金刚石碳同位素的 $-5\text{‰} \sim -6\text{‰}$ 一致, 属于来自地幔的原生碳。板内型碱性杂岩碳酸岩与活动陆缘型碱性杂岩碳酸岩的碳、氧同位素值相差很大: 前者方解石的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $-3.3\text{‰} \sim -4.15\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $7.54\text{‰} \sim 9.00\text{‰}$ 。样点位于典型碳酸岩的碳、氧同位素区附近; 后者方解石的 $\delta^{13}\text{C}$ 为 $-1.6\text{‰} \sim -1.2\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}$ 为 $17.4\text{‰} \sim 27.0\text{‰}$, 说明混入了较多海相碳酸盐岩的碳。表明活动陆缘型碳酸岩的碳源明显不同于板内型碳酸岩。⑤ 钕同位素组成: 活动陆缘型碱性岩(霓霞岩、碳酸岩、碱性辉长岩、霞石正长岩及碱性正长岩)的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值为 $-4.3 \sim -6.2$, 说明形成这些碱性岩浆的物质是来自富集地幔。

5 碱性岩的成因

(1) 碱性岩形成的物理化学条件: 用 H_2O 与 SiO_2 的分子比值与岩浆来源深度正相关计算: 板边型似金伯利岩的形成压力为 7.27 GPa (相当于岩浆来自 240 km); 板内型似金伯利岩的形成压力为 8.24 GPa (相当于 272 km)。

用玄武岩中 Si 、 Mg 、 Al 阳离子数与液相线温度关系计算: 板内型碱性辉长岩的液相线温度为 $1170 \text{ }^\circ\text{C}$, 与用玄武岩中 FeO 、 MgO 分子百分数与结晶温度关系所得温度 $1220 \text{ }^\circ\text{C}$ 一致。而活动陆缘型碱性辉长岩的液相线温度为 $1160 \text{ }^\circ\text{C}$, 结晶温度为 $1140 \text{ }^\circ\text{C}$, 说明不同构造环境产出的碱性辉长岩浆, 其初熔温度和开始结晶温度相近, 只是在运移过程中混入陆壳物质程度不同造成两种构造类型碱性岩的差异。

碱性岩的结晶温度: 用霞石温度计确定活动陆缘型碱性岩的结晶温度在 $500 \sim 810 \text{ }^\circ\text{C}$ 之间, 低于典型的板内型碱性岩 ($740 \sim 1050 \text{ }^\circ\text{C}$), 两者相差约 $240 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

碱性伟晶岩的结晶温度: 金云母-透辉石类伟晶岩结晶温度为 $560 \sim 660 \text{ }^\circ\text{C}$ (同位素对计算), 而黑云母-霞石类伟晶岩的结晶温度为 $700 \text{ }^\circ\text{C}$ (黑云母温度计)。显然, 与碱性正长岩有关的黑云母-霞石类伟晶岩比与碳酸岩联系的金云母-透辉石类伟晶岩的结晶温度高约 $140 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

(2) 碱性岩浆的来源: 碱性辉长岩浆的源区: 用 Ti/Y 与 Nb/Y 变异图判别板内型碱性辉长岩和活动陆缘型碱性辉长岩皆来自富集地幔, 与 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值所得结果一致。

活动陆缘型碱性岩钾长石铅同位素比值指示碱性岩浆来自第 I 类富集地幔, 即来自古老陆壳下岩石圈再循环的富集地幔岩浆, 其特点是有古老陆壳物质混合的地幔岩。

用玄武岩的 $\text{Cr}-\text{Y}$ 变异图判别原始地幔部分熔融程度, 板内型碱性杂岩部分熔融程度较高, 为 25% 原始地幔熔融岩浆。因此, 碱性杂岩内有辉石岩或橄辉岩共生。而活动陆缘型碱性辉长岩只有 7% 左右的原始地幔岩石熔融, 分离结晶的岩石全部是碱性岩。

稀土元素地球化学模拟计算, 较圆满地解释了各类碱性岩的形成过程。

6 碱性岩的成矿作用

经初步研究, 已发现与碱性岩有关的矿床类型有以下 12 种: 碱基性-超基性岩浆-气成热液型蛭石、金云母、透辉石、磷灰石矿床, 霞石正长岩型霞石矿床, 霓石钠长岩型铌、钽、锆矿床, 碳酸岩型稀土、磷矿床, 碱性花岗岩型铌矿床, 碱性伟晶岩型优质金云母矿床, 碱性伟晶岩型铌、锆矿床, 碱性伟晶岩型宝玉石——方钠石矿床, 碱性伟晶岩型宝玉石级透辉石矿床, 碱性伟晶岩型宝玉石级橄榄石、磷灰石矿床, 碱性伟晶岩型宝玉石级锆石、晕彩歪长石矿床, 碳酸岩细脉浸染型铜矿化及铜、金矿化。